

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-347515
(43)Date of publication of application : 05.12.2003

(51)Int.Cl. H01L 27/105
G11C 11/15
H01L 43/08

(21)Application number : 2002-155384 (71)Applicant : UMK TECHNOLOGY KK

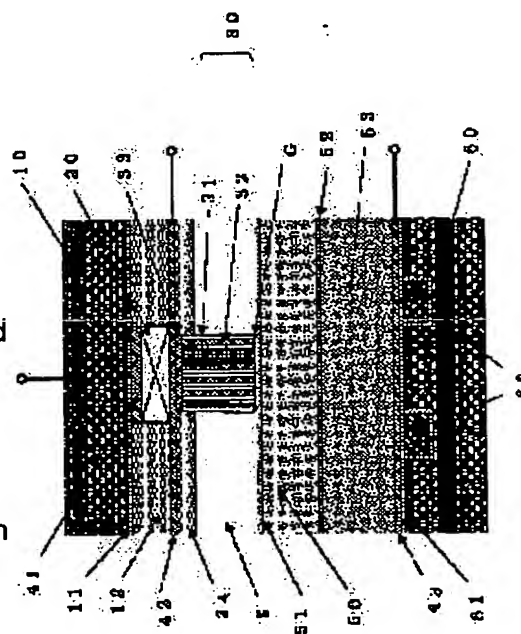
(22)Date of filing : 29.05.2002 (72)Inventor : USHITA TAKASHI
MORI NOBUYUKI
KAMIJO YOSHIMI
NAKAJIMA HISASHI
OKAZAKI AKIHIRO
MITSUZUKA TERU
HATAKEYAMA RIKIZO
IMON HIDEAKI
TAKOJIMA TAKEHIRO

(54) HIGH-CAPACITY MAGNETIC MEMORY USING CARBON NANO-TUBE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a high-capacity, high-speed memory by enabling the writing and reading of magnetic records into and from a magnetic film for vertical magnetic recording through purely electrical random access.

SOLUTION: A writing magnetic field generating means 62 and a writing word line 43 are arranged for a vertical magnetic recording film 50. On a corresponding probe substrate 10, a reading/writing bit line conductor 41, a magnetoresistance effect element 20, and a reading word line conductor 42 are laminated. On them, a magnetic probe 30 comprising magnetic material- containing carbon nano-tubes is erected and is electrically connected to a reading/writing bit line conductor 41. For writing, in the presence of a writing magnetic field, a fine discharge is generated by a writing current across a gap G between the magnetic probe tip and the magnetic recording film for applying heat to a fine region in the magnetic recording film for the magnetic recording film to pass the Curie point for magnetization in the direction of the writing magnetic



field. For reading, the magnetic record is read via the magnetic probe as a change in the current in the magnetoresistance effect element.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-347515

(P2003-347515A)

(43)公開日 平成15年12月5日(2003.12.5)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 27/105		G 1 1 C 11/15	1 1 0 5 F 0 8 3
G 1 1 C 11/15	1 1 0	H 0 1 L 43/08	D
H 0 1 L 43/08			Z
		27/10	4 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2002-155384(P2002-155384)

(22)出願日 平成14年5月29日(2002.5.29)

(71)出願人 599120211

ユーエムケー・テクノロジー株式会社

宮城県古川市沢田字舞台66番地

(72)発明者 丑田 隆史

宮城県古川市沢田字舞台66 ノヴァ・サイ

エンス株式会社

(72)発明者 森 信行

宮城県古川市沢田字舞台66 ノヴァ・サイ

エンス株式会社

(74)代理人 100107962

弁理士 入交 孝雄

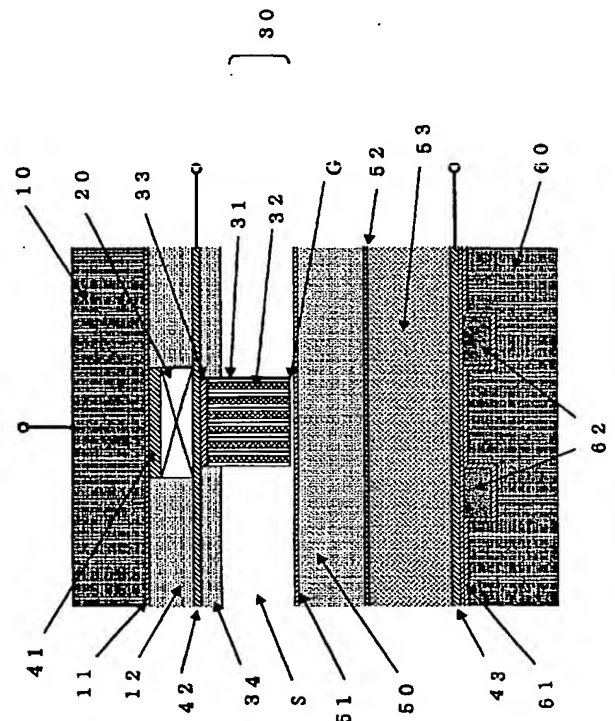
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カーボンナノチューブを用いた大容量磁性メモリ

(57)【要約】

【課題】 垂直磁気記録方式による磁化膜に対して、純電氣的なランダムアクセスによる磁気記録の書込、読取を可能とし、記録の大容量化と高速化を実現する。

【解決手段】 垂直磁気記録膜 50 に対して、書込磁界発生手段 62 及び書込ワード線 43 を配置し、これに相対するプローブ基板 10 上に、読出／書込ビット線導体 41、磁気抵抗効果素子 20、及び読出ワード線導体 42 を積層し、その上に磁性材料を内包したカーボンナノチューブからなる磁気プローブ 30 を立設して読出／書込ビット線導体と導通させ、書込時には書込磁界の下で磁気プローブ先端と磁気記録膜間の間隙 G を介した書込電流による微小放電により磁気記録膜の微小領域を加熱してキュリー点を經由せしめて書込磁界方向に磁化し、読取時にはこの磁気記録を磁気プローブを介して磁気抵抗素子の電流変化として読取る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気記録媒体に対して微小間隙を介して電極を配置し、記録磁界の下で放電により加熱して、キュリー点以上の温度を経由させることにより記録磁界方向に磁化する磁気記録方法。

【請求項2】 上記電極は、プローブ状電極であることを特徴とする請求項1記載の磁気記録方法。

【請求項3】 上記磁気記録媒体は垂直磁気記録膜であることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気記録方法。

【請求項4】 上記電極が、軟磁性材料を内包するカーボンナノチューブからなるものであることを特徴とする請求項1乃至3記載の磁気記録方法。

【請求項5】 磁気記録媒体に対し、磁気抵抗効果素子に立設・積層した、軟磁性材料を内包するカーボンナノチューブからなるナノ磁気プローブ電極を近接配置し、該磁気プローブ電極を介して磁気記録を読取る磁気記録読取方法。

【請求項6】 上記磁気記録媒体が垂直磁気記録膜であることを特徴とする請求項5記載の磁気記録読取方法。

【請求項7】 磁気記録媒体に対して微小間隙を介して軟磁性材料を内包するカーボンナノチューブからなるナノ磁気プローブ電極を配置し、記録磁界の下で放電により加熱して、キュリー点以上の温度を経由させることにより記録磁界方向に磁化して磁気記録し、上記ナノ磁気プローブ電極を磁気抵抗効果素子に立設・積層し、該磁気プローブを介して磁気記録を読取ることを特徴とする、磁気記録書込／読取方法。

【請求項8】 垂直磁気記録膜の一方の面に対して、書込磁化発生手段及び書込ワード線を配置し、読出／書込ビット線導体及び読出ワード線を配置してなる磁気抵抗効果素子に軟磁性材料を内包するカーボンナノチューブからなるナノ磁気プローブ電極を立設し、該ナノ磁気プローブ電極を読出／書込ビット線導体と電気的に導通せしめると共に上記磁気記録膜面に対して微小間隙を介して対向配置したことを特徴とする、純電氣的にランダムアクセス可能な磁気記録メモリ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業の利用分野】 本発明は、コンピュータの内部記憶装置等に用いられるランダムアクセス可能なメモリに関する。

【0002】

【従来の技術】 コンピュータの処理能力の向上やモバイル機器の発展、及びこれらを通信回線で結んで大量のデータをやり取りするブロードバンド時代の到来でこれらの間の通信・処理データ量は急激に増大しつつあり、それに伴ってこれらの大量のデータを蓄える記録媒体の記録容量も近年著しく増大しており、現在、MO、DVDや光ディスクでは数ギガ〜十数ギガビット、DRAMで

も16メガビットから256メガビットの記録容量に達している。これらの記録媒体に対する容量増大の要求は、イメージデータの処理などの普及により一層強まっており、光ディスクなどのリムーバブルタイプの記録メディアに限らず、コンピュータの内部メモリなどのランダムアクセス可能なDRAMなどにおいても、その限界を打破して記録容量を増大するべく種々の提案／検討が試みられている。

【0003】 磁気記録方式の記録メディアは、書込み、読取り可能であって信頼性もあるため組込みタイプの記録装置としてコンピュータのハードディスクなどに広く用いられており、記録容量も大きく、現在記録容量は1平方インチ当たり数十ギガビットに達している。その記録容量向上も強く求められているが、現在の記録方式は磁気膜に平行に磁化する磁気面内記録方式であるが、記録容量の増大に伴って磁性粒子のサイズ及び膜厚が小さくなると、これら磁性粒子の磁化のための異方性エネルギーと粒子体積で決まる粒子のエネルギーが小さくなり、熱エネルギーの影響が表れるため磁気記録が時間と共に消失するいわゆる熱揺らぎが生じてしまい、既に記録容量は限界に近づきつつある。これに対して、1977年に東北大の岩崎俊一名誉教授により提案された垂直記録方式は、磁気記録膜に垂直に磁化させることにより、膜厚を保って熱揺らぎの影響を緩和すると共に、隣接ビットからの反磁界が記録磁化を強化するという効果により、大幅に記録容量を大きくできることが期待されている。

【0004】 しかしながら、磁気記録の書込み機構に適したものがなく、また、これらの記録媒体も駆動機構を必要とするため、アクセス方式に一定の制約があり、記録の書込み／読取りスピードも高速化できない。即ち、コンピュータの内部メモリにおいてはこれら磁気ディスク、MOやDVDなどのように駆動機構を必要とするものはランダムアクセスできるといっても機械的動作を伴うためにアクセススピードが伴わない。また、モバイル機器の記録メディアでも駆動機構を組込むスペースが取れないため、大容量化の一步進んだこれらの記録メディアを使用できない。

【0005】

【発明の課題】 垂直磁気記録方式による磁化膜に対する磁気記録の書込み、読取りを可能として大容量の記録を可能とし、さらに機械的駆動機構を不要とすると共に、書込、読取り速度の極めて速い純電氣的なランダムアクセスを可能とする。

【0006】

【課題の解決手段】 本発明は、磁気記録媒体に対して微小間隙を介して電極を配置し、記録磁界の下で放電により加熱して、キュリー点以上の温度を経由させることにより記録磁界方向に磁化する磁気記録方法であり、上記電極をプローブ状電極とし、上記磁気記録媒体を垂直磁

気記録膜とし、上記電極を、軟磁性材料を内包するカーボンナノチューブからなるものとするにより、記録密度の高い大容量磁気メモリを実現することができる。また、本発明は磁気記録媒体に対し、磁気抵抗効果素子に立設・積層した、軟磁性材料を内包するカーボンナノチューブからなるナノ磁気プローブ電極を近接配置し、該磁気プローブ電極を介して磁気記録を読取る磁気記録読取方法であり、上記磁気記録媒体を垂直磁気記録膜とすることにより、高密度大容量の磁気メモリを実現する。さらに、垂直磁気記録膜の一方の面に対して、書込磁化発生手段及び書込ワード線を配置し、読出／書込ビット線導体及び読出ワード線を配置してなる磁気抵抗効果素子に軟磁性材料を内包するカーボンナノチューブからなるナノ磁気プローブ電極を立設し、該ナノ磁気プローブ電極を読出／書込ビット線導体と電気的に導通せしめると共に上記磁気記録膜面に対して微小間隙を介して対向配置することにより、純電氣的にランダムアクセス可能な磁気記録メモリを実現する。

【0007】

【実施の態様】図1に本発明の磁気メモリの基本構成について、1ユニットあたりの断面構造を示す。メモリ全体としては、このユニットが連続的に二次元、又は三次元にマトリクス状に配列されて大容量メモリを構成する。各ユニットは、上部のプローブ部と下部の磁気記録媒体部から構成される。プローブ部は、ナノ磁気プローブ30と該ナノ磁気プローブを読出し用ワード線を構成する読出ワード線導体42に導電的に固定するための固定導電膜33（インジウム膜等）と、該読出ワード線導体上に形成した磁気抵抗効果素子膜20（MR、GMR、TMR等）と更にその上に形成された読出し及び書込み用のビット線を構成する読出／書込ビット線導体41とで構成される。これらの構造は、プローブ基板10上に絶縁膜11を介して積層して形成される。該ナノ磁気プローブは、軟磁性材料32（Fe、Ni等）を内包したカーボンナノチューブ31を単数、又は複数整列して構成される。また、磁気記録媒体部は、絶縁膜51（SiO₂等）で上面を被覆された垂直磁化膜50（たとえば、Co-Cr-Ta膜等）と、これと電氣的な導電性を確保しながら磁氣的に絶縁するための非磁性導電膜を挟んで形成された軟磁性膜53（Fe-Ni膜等）と、書込用ワード線を構成する書込ワード線導体43と、絶縁膜61（SiO₂等）を介して配置されたデータ書込用の書込磁界発生コイル導体62とで構成される。これらもプローブ部と同じく、磁気記録媒体基板60上に積層形成される。また、上記ナノ磁気プローブ30と磁気記録媒体部の垂直磁化膜50とは、対向して微小ギャップGを介して配置され、更に両者間の空間は真空又は減圧状態で封じられる。微小放電の条件を満たせば、減圧状態を不活性雰囲気下としても良い。

【0008】これらの構造を形成する工程については省

略するが、微細なパターニング法であるフォトリソグラフィにより、ドライ、ウエットいずれでも形成することができるが、本発明の意図する大容量化のための微細化及び環境への負荷を考慮するとドライ法が適している。ナノ磁気プローブの製造については、ナノチューブ先端を開口して熔融金属を導入するなど（特開平6-227806号公報）の方法や、金属ハロゲン化物を加えてカーボンナノチューブ形成と同時にFe系、Ni系合金を内包せしめる（特開2001-89116号公報）方法などが知られており、いずれの方法でも良い。

【0009】また、軟磁材料内包カーボンナノチューブをプローブ基板上的ワード線の所定位置に整列するには、フォトリソグラフィの手法によって行うことができる。まず、読出ワード線導体42をフォトリソグラフィによりパターニングした後、その上に導電層33を形成し、同じくフォトリソグラフィにより軟磁性材料内包カーボンナノチューブを整列する固定孔を絶縁膜34に形成する。この固定孔にこれら磁性ナノチューブを整列するには、その磁性を利用して、マトリクス物質を添加した液状媒体中に分散した磁性ナノチューブを磁界の下で基板上に整列させ、マトリクスの硬化により固定したチューブ先端をエッチングの手法により整える（特開2001-167692号公報）方法を用いることができる。ここで不要なマトリクス物質は適宜除去すればよい。

【0010】図2（a）、（b）により書込動作について説明する。選択されたビット線41と書込ワード線43間に電圧を加え、同時に書込磁化発生コイル導体62に書込データ電流を流す（図1（a））。これにより、絶縁膜51の膜厚は極く薄いために容易に絶縁破壊し、微小ギャップG間で微小放電を伴ってセル書込電流が流れると共に、この微小放電によってナノ磁気プローブ30に対向した垂直磁化膜50の微小領域55が瞬時に温度上昇してキュリー点を越え、その領域の磁化が消失する。一方、軟磁性膜53は、書込磁化発生コイル導体62の書込データ電流に対応した方向に磁化されている

【0011】この状態で上記のセル書込電流を遮断すると、キュリー温度を越えていた垂直磁化膜の微小領域55のみが軟磁性膜の磁化方向に磁化され、他の垂直磁化膜の領域は軟磁性膜の磁化方向に影響されることなく、事前の磁化方向を維持する（図2（b））。この段階で、書込データ電流を遮断して一連の書込サイクルを終了するなお、カーボンナノチューブの特性である堅牢性とこれらの間の空間を真空又は減圧空間Sに封じて雰囲気中の酸素濃度を著しく減少させているため、上記した微小放電においてもナノ磁気プローブの損傷を抑制することができる。

【0012】次に読出し動作について、図3（a）、（b）を参照して説明する。書込サイクルにより、ナノ磁気プローブ30に対向した垂直磁化膜50の微小領域55がデータに対応した方向に磁化されている（図3

(a))。この状態で、ナノ磁気プローブ中の軟磁性材料は垂直磁化膜と同じ方向に磁化され、結果として磁気抵抗効果素子の抵抗値が書込データに対応して変化した状態にある。

【0013】ここで、選択されたビット線41と読出ワード線42との間に読出電流を流すと、この電流は磁気抵抗効果素子の抵抗値に対応して変化するため、結果として書込まれたデータの状態を読み出すことができる(図3(b))。以上の操作は、書込/読出可能なメモリ、即ち書換え可能な記録メディアとして説明したが、その構造上ROMとして利用することは無論可能であり、さらにこの書込及び読出手法は原理的に他の形式の磁気記録媒体にも適用可能である。図4(a)、(b)に本発明の大容量磁気メモリの断面図及び回路構成を示す。

【0014】

【効果】本発明の大容量磁性メモリは、カーボンナノチューブの特性を利用して、ナノレベルの磁気記録とその記録の読取りを可能とするもので、従来の磁気記録方式による限界を越える大容量の記録が可能となり、今後における情報化社会の要望に応えることができる。さらに純電氣的なランダムアクセス可能であることから、コンピュータに用いられている内部メモリとして適用可能であり、これによってハードディスクを不要とし、しかも大容量のデータの極めて迅速な読出が可能となる。このことは、従来のハードディスクや外付けメモリなどからの読出しに要していたタイムロスを解消して、コンピュータの応答速度を実質的に著しく向上するものである。また、機械駆動部がないことは、構造上組込み型のメモリとしてのみでなく、モバイル機器などのメモリとしてリムーバブルな用途が可能であり、その大容量及び純電氣的なランダムアクセス可能な特性と相まって広い応用が可能である。本発明の大容量磁気メモリは、以上のように今後の情報化社会において、産業の振興に寄与す

るところ大なるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気メモリの1ユニットについて基本構造を示す断面。

【図2】本発明の磁気メモリの書込モードの説明図：書込時(a)、書込終了時(b)。

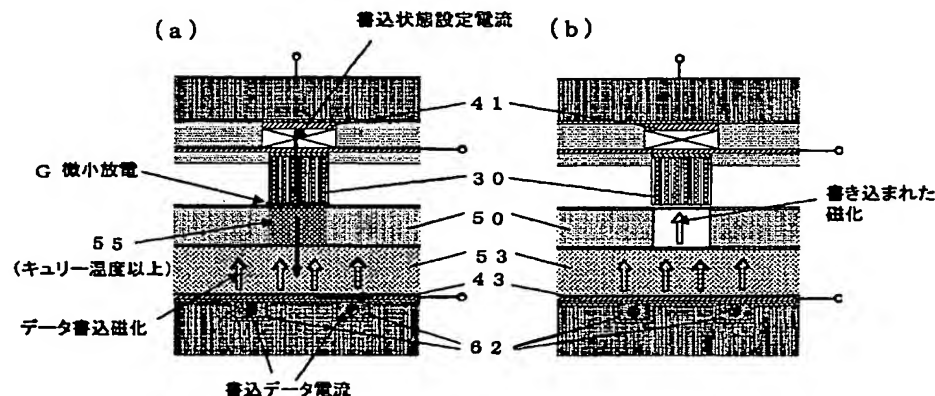
【図3】本発明の磁気メモリの読出モードの説明図：磁気記録状態(a)、読出時(b)。

【図4】本発明の大容量メモリ構成図：断面図(a)、回路構成図(b)。

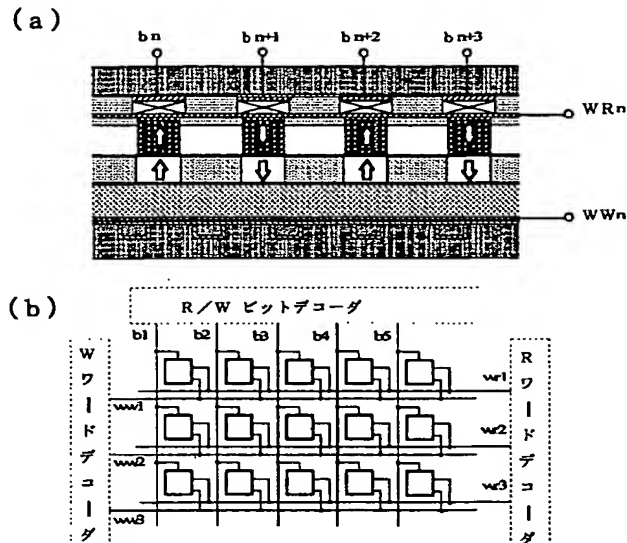
【符号の説明】

- 10 プローブ基板
- 11 絶縁膜
- 12 基材
- 20 磁気抵抗効果素子
- 30 ナノ磁気プローブ
- 31 カーボンナノチューブ
- 32 軟磁性材料原子
- 33 固定導電膜
- 34 絶縁膜
- 41 読出/書込ビット線導体
- 42 読出ワード線導体
- 43 書込ワード線導体
- 50 垂直磁化膜
- 51 絶縁膜
- 52 非磁性導電膜
- 53 軟磁性膜
- 55 磁気記録微小領域
- 60 記録媒体基板
- 61 絶縁膜
- 62 書込磁化発生用コイル導体
- G 微小ギャップ
- S 減圧空間

【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 上條 芳省
宮城県古川市沢田字舞台66 ノヴァ・サイ
エンス株式会社

(72)発明者 中嶋 恒
宮城県古川市沢田字舞台66 ノヴァ・サイ
エンス株式会社

(72)発明者 岡崎 暁洋
宮城県古川市沢田字舞台66 ノヴァ・サイ
エンス株式会社

(72)発明者 三塚 輝
宮城県古川市沢田字舞台66 ノヴァ・サイ
エンス株式会社

(72)発明者 畠山 カ三
宮城県仙台市宮城野区小鶴2丁目5番32号

(72)発明者 井門 秀秋
宮城県仙台市宮城野区鶴ヶ谷3丁目25番9
号

(72)発明者 蛸島 武広
宮城県古川市沢田字舞台66 ノヴァ・サイ
エンス株式会社

Fターム(参考) 5F083 FZ10